N° 37. **D. Grobe** und **V. Lacoste.** — Veränderungen beim Crustaceen-Plankton des Sempachersees zwischen 1950 und 1970, insbesondere bei Cyclopiden. (Mit 6 Textabbildungen und 9 Tabellen)

Zoologische Anstalt, Basel.

Unserem verehrten Lehrer, Herrn Prof. R. Geigy, zur Vollendung des 70. Lebensjahres gewidmet.

Seit der ersten Veröffentlichung über den Sempachersee durch HEUSCHER 1895 sind nur einige weitere Arbeiten publiziert worden, von denen THEILER 1917 und GROBE 1958 als Bezugnahme zu der hier vorliegenden Untersuchung dienen. Der Arbeit GROBE 1958 liegen Planktonfänge aus den Jahren 1949, 1950 und 1951 zugrunde. Eine Nachkontrolle erschien sinnvoll wegen der veränderten Eutrophie-Verhältnisse im See. Um den Vergleich zu ermöglichen, wurde nach der bei GROBE 1958 beschriebenen Methode verfahren. Es standen wieder ein Ruderboot und eine transportable Feldausrüstung für hydrobiologische Untersuchungen zur Verfügung. Die Temperaturen wurden mit Hilfe des Kippthermometers gemessen. Chemische Bestimmungen wurden von anderer Seite vorgenommen (ZIMMERMANN, Christian: Die pelagischen Rotatorien des Sempachersees. Dissertation, in Vorbereitung). Für die hier vorliegende Zusammenstellung konnten 11 Planktonfänge aus verschiedenen Monaten von Januar 1969 bis März 1970 verwendet werden. Ein Planktonfang bestand aus 11 Schöpfflaschenproben zu 4 l Seewasser, das aus verschiedenen Tiefen der Mitte des Sees entnommen wurde, also aus gesamthaft 44 l Wasserprobe. Dazu kamen Schliessnetzfänge, die eine Auffindung seltener Formen sicherten. Schliessnetzfänge älteren Datums ermöglichten die Aussortierung und Bestimmung der Cyclopiden. Die Maschenweite von Filter und Netz betrug 75 $\mu$ (Müllerseide Nr. 20 und Nytal-Gewebe).

## 1. ALLGEMEINE LIMNOLOGIE

*Die Sichttiefe.* (Abb. 1, Tab. 1).

Nach THEILER 1917 ist die Sichttiefe für 1910 und 1911 nur während drei Monaten gering, in der ganzen übrigen Zeit beträchtlich gross. Für die Jahre um 1950 dehnt sich die Zeit geringer Sichttiefe auf etwa 7 Monate aus (Mai bis November) und entsprechend ist eine grosse Sichttiefe auf 5 Monate beschränkt. In den Jahren 1969/70 ist die Situation ähnlich, jedoch wird eine weitere Verschie-

bung deutlich, indem die Verringerung der Sichttiefe schon im Februar einsetzt. Phytoplankton, besonders Diatomeen, bewirken diese Erscheinung.

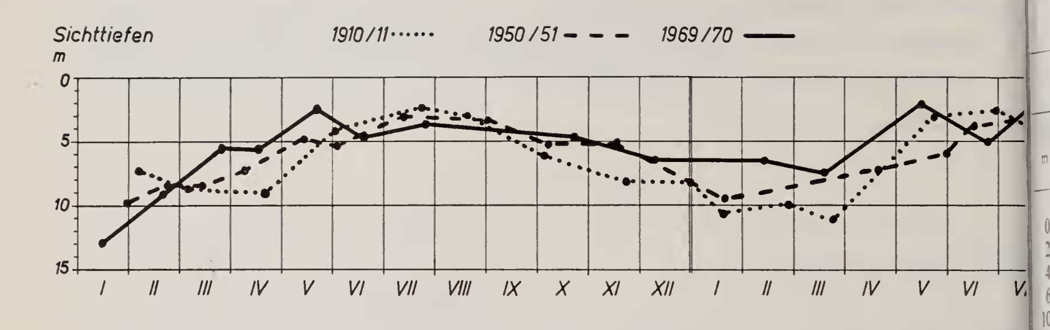



ABB. 1.

Vergleich der Sichttiefen 1910/11, 1950/51, 1969/70.

TABELLE 1.

*Sichttiefen.*

| | |
|---|---|
| 14. 1.69 | 12,9 m |
| 20. 2.69 | 9,1 m |
| 26. 3.69 | 5,5 m |
| 16. 4.69 | 5,6 m |
| 21. 5.69 | 2,4 m |
| 18. 6.69 | 4,6 m |
| 24. 7.69 | 3,6 m |
| 21.10.69 | 4,6 m |
| 8.12.69 | 6,4 m |
| 12. 2.70 | 6,5 m |
| 17. 3.70 | 7,4 m |

*Die Temperatur*

Ein Vergleich der beiden erwähnten Veröffentlichungen mit unseren neuen Daten (Tab. 2) ergibt bei allen Aufzeichnungen weitgehend ähnliche Werte, weshalb wir auf eine graphische Darstellung verzichten. Die Temperaturschichtung während der Sommerstagnation lässt sich wie folgt zusammenfassen: Am Ende des Sommers ist das Epilimnion, je nach Jahreswärme, 4 bis 6 m tief. Für das Metalimnion ergibt sich eine Dicke von rund 15 m. So beginnt das Hypolimnion bei etwa 20 m Tiefe.

*Die Wasserfarbe* wurde jeweils nach Forel und Ule bestimmt; Werte zwischen 7 und 12 wurden gemessen.

TABELLE 2.

*Temperaturen °C.*

| | 1969 | | | | | | | | | 1970 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | 14 I | 20 II | 26 III | 16 IV | 21 V | 18 VI | 24 VII | 21 X | 8 XII | 12 II | 17 III |
| 0 | 3,9 | 2,7 | 3,7 | 4,6 | 16,6 | 19,2 | 24,8 | 14,8 | 5,5 | 3,2 | 2,9 |
| 2 | 3,9 | 2,8 | 3,5 | 4,5 | 11,8 | 18,7 | 23,8 | 14,2 | 5,5 | 3,25 | 3,0 |
| 4 | 3,9 | 2,9 | 3,55 | 4,45 | 11,2 | 15,4 | 19,25 | 14,1 | 5,5 | 3,25 | 3,0 |
| 6 | 3,9 | 3,0 | 3,5 | 4,4 | 9,6 | 12,25 | 16,2 | 14,1 | 5,5 | 3,25 | 3,0 |
| 10 | 3,9 | 3,0 | 3,6 | 4,25 | 5,7 | 7,9 | 10,0 | 12,8 | 5,5 | 3,25 | 3,0 |
| 15 | 3,9 | 3,1 | 3,6 | 4,2 | 5,1 | 6,05 | 7,1 | 6,8 | 5,55 | 3,25 | 3,0 |
| 20 | 3,9 | 3,1 | 3,6 | 4,15 | 4,9 | 5,1 | 5,55 | 6,1 | 5,5 | 3,3 | 3,0 |
| 30 | 3,9 | 3,1 | 3,6 | 4,2 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 5,1 | 5,5 | 3,3 | 3,0 |
| 40 | 3,9 | 3,15 | 3,4 | 4,15 | 4,5 | 4,45 | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 3,3 | 3,0 |
| 60 | 4,2 | 3,9 | 3,75 | 4,05 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 4,8 | 3,35 | 3,0 |
| 80 | 4,1 | 4,1 | 4,0 | 3,9 | 4,2 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,3 | 3,6 | 3,05 |

## 2. DIE ARTEN

Für die Zeit 1969 und 1970 wurden folgende Arten bestimmt:

Crustacea

Copepoda

Unterordn. Calanoida
Fam. Diaptomidae
Gatt. Eudiaptomus KIEFER 1932
*Eudiaptomus gracilis* (G. O. SARS 1862)
Unterordn. Cyclopoida
Fam. Cyclopidae
Unterfam. Cyclopinae
Gatt. Cyclops O. F. MÜLLER 1776
*Cyclops vicinus vicinus* (ULJANIN 1875)
*Cyclops abyssorum praealpinus* (KIEFER 1939) [1]
Gatt. Mesocyclops G. O. SARS 1914
*Mesocyclops leuckarti* (CLAUS 1857)

[1] Nach Dussart: *Cyclops praealpinus praealpinus* (KIEFER) 1939?

Phyllopoda

| | |
|---|---|
| Unterordn. | Cladocera |
| Fam. | Sididae |
| Gatt. | Diaphanosoma FISCHER |
| | *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVEN) |
| Fam. | Daphniidae |
| Gatt. | Daphnia O. F. MÜLLER |
| | *Daphnia longispina hyalina* (LEYDIG) |
| | *Daphnia cucullata* (G. O. SARS) |
| | *Daphnia spec.* (ev. zu obigen gehörend) |
| Fam. | Bosminidae |
| Gatt. | Bosmina BAIRD |
| Unterg. | Eubosmina SELIGO |
| | *Bosmina spec.* (hier konnte die Species nicht ermittelt werden wegen Saisonvariationen) |
| Fam. | Leptodoridae |
| Gatt. | Leptodora LILLJEBORG |
| | *Leptodora kindtii* (FOCKE) |

Rotatoria *Asplanchna priodonta* (GOSSE)

Da *Asplanchna* in der Grössenordnung der kleinen Krebse liegt, wurde sie, wie auch in der Arbeit 1949/50/51, mit aufgenommen.

## 3. DER PROZENTUALE ANTEIL DER VERSCHIEDENEN ARTEN (Abb. 2 Tab. 3)

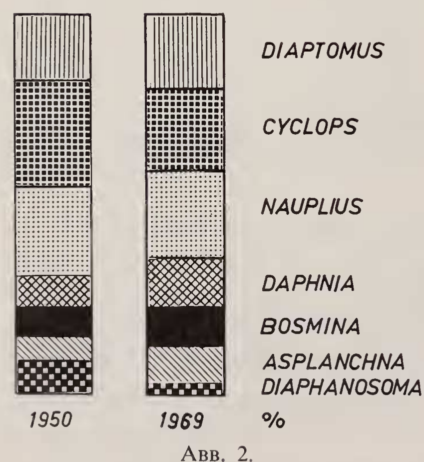



ABB. 2.
Prozente der Arten pro Jahr 1950 (aus Grobe 1958) und 1969.

Die Copepoden nehmen pro 1969 in der prozentualen Darstellung einen kleineren Raum ein als um 1950: Für 1969 = 66,5% gegenüber 1950 = 72,0%. Die Abnahme beträgt 5,5%. Die Nauplien der Copepoden erreichen auch in früheren Jahren zuweilen Werte, wie sie 1969 angetroffen werden: Für 1969 = 25% gegenüber für 1949 = 18%, 1950 = 26% und 1951 = 18%.

Die Cladoceren weisen in der prozentualen Zusammenstellung grössere Zahlen für 1969 als für 1950 auf: 1969 = 24,2% gegenüber 1950 = 22,1%. Dieser Prozentsatz gilt auch etwa für die Jahre 1949 und

TABELLE 3.

*Vergleich von Prozentwerten für verschiedene Arten.*

Prozentsatz der verschiedenen Krebsplankter 1969, inklusive Asplanchna: (9 Proben):

| Datum | Diapt. | Cycl. | Naupl. | Daphn. | Bosm. | Lept. | Dia. | Aspl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14. 1. | 27,65 | 12,18 | 56,21 | 2,17 | 0,86 | 0 | 0 | 0,86 |
| 20. 2. | 34,57 | 13,81 | 48,50 | 1,06 | 0,32 | 0 | 0 | 1,61 |
| 26. 3 | 35,37 | 29,15 | 26,75 | 2,14 | 0,05 | 0 | 0 | 6,52 |
| 16. 4. | 26,19 | 20,51 | 20,59 | 1,64 | 0,57 | 0 | 0 | 30,48 |
| 21. 5. | 17,15 | 30,50 | 12,03 | 5.89 | 13,47 | 0 | 0 | 20,94 |
| 18. 6. | 5,36 | 14,90 | 4,33 | 14,40 | 60,84 | 0 | 0 | 0,15 |
| 24. 7. | 17,42 | 4,33 | 16,91 | 44,97 | 7,04 | 0,10 | 0,97 | 8,24 |
| 21.10. | 8,82 | 28,94 | 6,46 | 23,97 | 4,03 | 0,12 | 14,04 | 13,60 |
| 8.12. | 9,23 | 38,78 | 32,25 | 12,61 | 6,59 | 0 | 0 | 0,51 |
| Summe | 20,19 | 21,45 | 24,89 | 12,07 | 10,42 | 0,02 | 1,75 | 9,21 |
| | | 66,53 | | | | 24,26 | | 9,21 |

Entsprechend ausgewählte Monate aus dem Jahr 1950 (8 Proben):

| | Diapt. | Cycl. | Naupl. | Daphn. | Bosm. | Lept. | Dia. | Aspl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gefundene Zahlen | 1472 | 2157 | 2086 | 729 | 797 | 8 | 220 | 464 |
| %-Werte | 18,5% | 27,2% | 26,3% | 9,2% | 10,0% | 0,1% | 2,8% | 5,9% |
| | | 72,0% | | | | 22,1% | | 5,9% |

Vergleichswerte aller Zahlen aus den Jahren 1949 bis 1952 (55 Proben):

| | Diapt. | Cycl. | Naupl. | Daphn. | Bosm. | Lept. | Dia. | Aspl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gefundene Zahlen | 15261 | 15328 | 12831 | 6258 | 3458 | 77 | 2426 | 4047 |
| %-Werte | 25,5% | 25,7% | 21,6% | 10,5% | 5,8% | 1,1% | 4,0% | 6,8% |
| | | 72,8% | | | | 20,4% | | 6,8% |

1951, der Durchschnitt ergibt für 1949 bis 1952 = 20,4%. Kleiner als in früheren Jahren ist die an sich schon reduzierte Zahl während der Wintermonate. In der warmen Jahreszeit jedoch treten explosionartige Vermehrungsschübe auf. Der Wert für Juli 1969 liegt um 20% höher als der für 1949/50/51. Hinsichtlich Artenanteil steht *Daphnia* mit 12% an erster Stelle; sie hat in den vergangenen 20 Jahren im Jahresdurchschnitt um rund 2% zugenommen. An zweiter Stelle lässt sich *Bosmina* mit 10% einfügen; die Zunahme beträgt 4%.

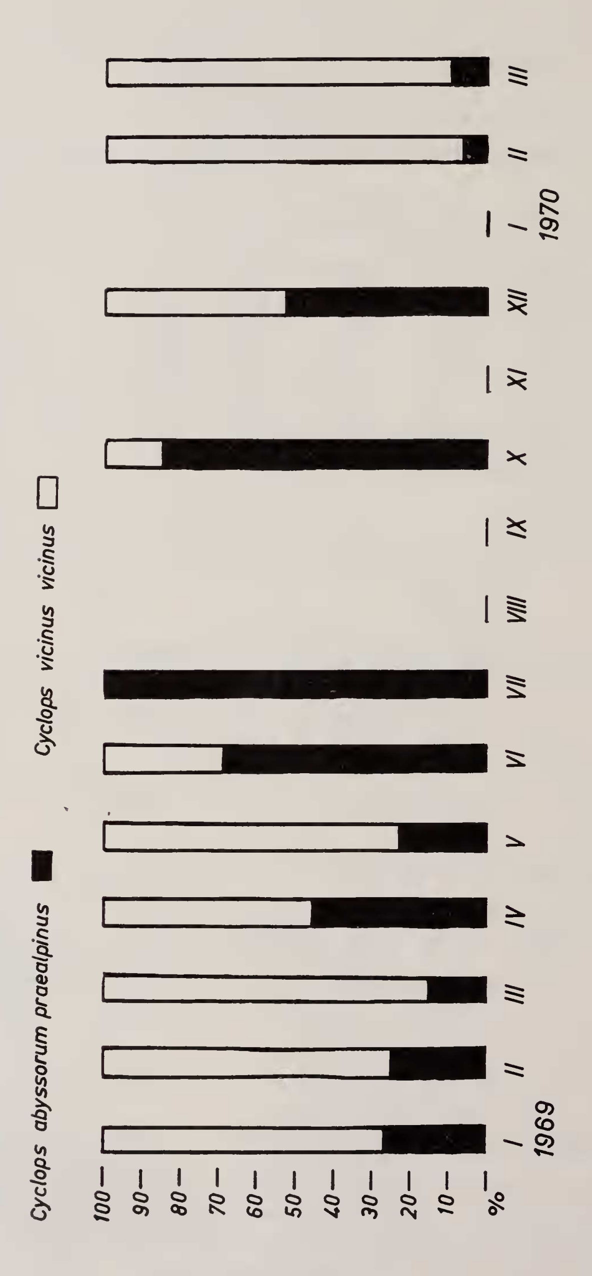



ABB. 3.

Vergleich von *Cyclops abyssorum praealpinus* mit *Cyclops vicinus vicinus*.

Unsere Zahlen erlauben keine Aussage betreffend die übrigen Cladoceren, da das Material hierzu ungenügend ist. Auf die Rotatorien wird von anderer Seite eingegangen.[1]

Auffallend ist der in neuerer Zeit starke Befall der Kleinkrebse durch Vorticella.

Bei den Cyclopiden zeigt sich eine bedeutende Verschiebung. War um 1950 das Verhältnis von *Mesocyclops leuckarti* zu *Cyclops strenuus* etwa 9:1, so betrug

TABELLE 4.

*Zusammenstellung der Cyclopiden in je 44 l Probe für 1969/70.*

| Datum | Cyclops spec. | Mesocycl. | Cycl. stren. |
|---|---|---|---|
| *1969* | | | |
| 14. 1. | 108 | 82 | 26 |
| | 116 | 98 | 18 |
| 20. 2. | 162 | 143 | 19 |
| | 139 | 107 | 32 |
| 26. 3. | 183 | 162 | 21 |
| | 333 | 305 | 28 |
| 16. 4. | 249 | 169 | 80 |
| 21. 5. | 239 | 73 | 166 |
| | 507 | 262 | 245 |
| 18. 6. | 887 | 827 | 60 |
| 24. 7. | 120 | 89 | 31 |
| 21.10. | 466 | 439 | 27 |
| 8.12. | 529 | 463 | 66 |
| *1970* | | | |
| 12. 2. | 315 | 55 | 260 |
| 17. 3. | 131 | 62 | 69 |
| Total 1969/70 | 4.484 | 3.336 | 1.148 |
| Mittelwert aus 15×44 l | 298 | 222 | 76 |
| Zum Vergleich Zahlen aus der Zeit um 1950: | | | |
| Total 1949 bis 52 | 11.164 | 10.155 | 1.009 |
| Mittelwert aus 42×44 l | 269 | 251 | 24 |

[1] ZIMMERMANN, Christian. *Die pelagischen Rotatorien des Sempachersees.* Dissertation. In Vorbereitung.

Tabelle 5.

*Aufteilung der* Cyclops strenuus *Gruppe in* Cyclops abyssorum praealpinus *und* Cyclops vicinus vicinus.

| Datum | Tiefe m | Exemplare Anzahl | ♀ adult | C. ab. prae. | C. vic. vic. |
|---|---|---|---|---|---|
| 14. 1.69 | 0—50 | 100 | 1 | 27 27% | 73 73% |
| 20. 2.69 | 0—50 | 100 | 1 | 25 25% | 75 75% |
| 26. 3.69 | 0—50 | 100 | 11 | 15 15% | 85 85% |
| 16. 4.69 | 0—15<br>15—60 | 100<br>100 | 2<br>13 | 39<br>54 > 46,5% | 61<br>46 > 53,5% |
| 21. 5.69 | 0—15<br>15—80 | 100<br>82 | 1<br>0 | 2<br>37 > 23,5% | 98<br>45 > 76,5% |
| 18. 6.69 | 0—15<br>15—80 | 56<br>100 | 0<br>5 | 23<br>97 > 69% | 33<br>3 > 31% |
| 24. 7.69 | 40—80 | 100 | 37 | 100 100% | 0 0% |
| 21.10.69 | 0—20<br>20—80 | 80<br>100 | 3<br>2 | 56<br>100 > 85% | 24<br>0 > 15% |
| 8.12.69 | 0—20<br>20—80 | 100<br>100 | 4<br>32 | 31<br>95 > 63% | 69<br>5 > 37% |
| 12. 2.70 | 0—15<br>15—50 | 100<br>100 | 6<br>0 | 15<br>0 > 7,5% | 85<br>100 > 92,5% |
| 17. 3.70 | 0—15<br>15—60 | 100<br>40 | 1<br>3 | 6<br>6 > 10,5% | 94<br>34 > 89,5% |
| | | 1.658 | 122 | 728 44% | 930 56% |

Aus Schliessnetzfängen wurden, wenn möglich, 100 Cyclopiden auf ihre Zugehörigkeit geprüft.

es um 1970 etwa 3:1. Es fand eine Zunahme von *Cyclops strenuus* statt. (Abb. 3, Tab. 4, 5). Genauere Untersuchungen haben ausserdem gezeigt, dass die früher *Cyclops strenuus* genannte Art heute in zwei Arten aufgeteilt werden muss: *Cyclops abyssorum prealpinus* und *Cyclops vicinus vicinus*. Um abzuklären von welchem Zeitpunkt an diese beiden Formen im Sempachersee nachzuweisen sind, wurden Schliessnetzproben aus früheren Jahren durchgesehen. Zwischen 1949 und 1962 konnte nur *Cyclops abyssorum praealpinus* festgestellt werden. In Proben von 1964 an sind beide Formen regelmässig anzutreffen.[1] Da uns für

[1] Herrn Schwander, Sempach, sei herzlich gedankt für die Überlassung der Schliessnetzproben von 1964, da wir für dieses Jahr über keine eigenen Fänge verfügen.

963 keine Planktonproben zur Verfügung stehen, können wir nur annehmen, lass *Cyclops vicinus* sich in diesem Jahr ansiedelte. Unsere Erhebungen bestätigen lie Erwartung von einem Vorkommen des *Cyclops vicinus* in Epi- und Metaimnion. Während der kalten Jahreszeit, wenn keine Schichtung im See besteht, st er in allen Tiefen anzutreffen. Das Vorkommen von *Cyclops vicinus* kann als veiteres Kennzeichen für fortgeschrittene Eutrophierung betrachtet werden.

Tabelle 6.

*Die Planktondichte in verschiedenen Tiefen.*
*Zahlen aus dem Jahr 1969 und von entsprechend ausgewählten Monaten aus dem Jahr 1950.*

1969

| m | 14 I | 20 II | 26 III | 16 IV | 21 V | 18 VI | 24 VII | 21 X | 8 XII | Total | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 97 | 37 | 15 | 97 | 4 | 295 | 330 | 12 | 122 | 1.009 | 6,0 |
| 2 | 88 | 104 | 78 | 181 | 176 | 1.193 | 800 | 372 | 186 | 3.178 | 18.7 |
| 4 | 82 | 152 | 91 | 118 | 344 | 909 | 563 | 445 | 175 | 2.879 | 17,0 |
| 6 | 124 | 124 | 79 | 129 | 392 | 2.659 | 466 | 362 | 199 | 4.534 | 26,8 |
| 10 | 96 | 80 | 84 | 114 | 73 | 243 | 172 | 254 | 172 | 1.288 | 7,6 |
| 15 | 83 | 120 | 109 | 84 | 79 | 106 | 115 | 80 | 133 | 909 | 5,4 |
| 20 | 102 | 125 | 96 | 125 | 56 | 76 | 70 | 25 | 195 | 870 | 5,1 |
| 30 | 81 | 53 | 77 | 96 | 67 | 72 | 33 | 17 | 69 | 565 | 3,3 |
| 40 | 84 | 56 | 72 | 89 | 35 | 91 | 16 | 20 | 38 | 501 | 3,0 |
| 60 | 41 | 72 | 18 | 88 | 20 | 85 | 30 | 7 | 39 | 400 | 2,6 |
| 80 | 49 | 136 | 33 | 93 | 66 | 221 | 172 | 16 | 36 | 822 | 4,8 |
| | 927 | 1.059 | 752 | 1.214 | 1.312 | 5.950 | 2.767 | 1.610 | 1.364 | 16.955 | |

1950

| m | 29 I | 23 II | 11 III | 7 IV | 12 V | 2 VI | 12 VII | 7 X | 24 XI | Total | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 39 | 9 | 4 | 3 | 2 | 12 | 2 | 11 | 112 | 194 | 2,2 |
| 2 | 112 | 127 | 40 | 8 | 54 | 150 | 59 | 191 | 135 | 876 | 9,7 |
| 4 | 156 | 200 | 44 | 77 | 60 | 552 | 108 | 276 | 182 | 1.655 | 18,3 |
| 6 | 69 | 151 | 48 | 266 | 98 | 338 | 121 | 240 | 127 | 1.458 | 16,1 |
| 10 | 92 | 165 | 80 | 255 | 107 | 160 | 563 | 173 | 124 | 1.719 | 19,0 |
| 15 | 91 | 150 | 42 | 178 | 62 | 134 | 72 | 55 | 148 | 932 | 10,2 |
| 20 | 97 | 92 | 55 | 91 | 24 | 64 | 57 | 92 | 260 | 850 | 9,4 |
| 30 | 89 | 80 | 29 | 53 | 7 | 18 | 51 | 24 | 15 | 366 | 4,1 |
| 40 | 128 | 51 | 61 | 37 | 4 | 14 | 28 | 12 | 3 | 338 | 3,7 |
| 60 | 125 | 80 | 57 | 31 | 4 | 6 | 12 | 4 | 6 | 325 | 3,6 |
| 80 | 61 | 109 | 107 | 28 | 5 | 4 | 18 | 0 | 5 | 337 | 3,7 |
| | 1.059 | 1.214 | 567 | 1.027 | 427 | 1.452 | 1.109 | 1.078 | 1.117 | 9.050 | |

## 4. Die räumliche Verteilung in der Vertikalen (Tab. 6, 7)

Wie erwartet, ist die vertikale Verteilung der Kleinkrebse während der kalte
Jahreszeit heute etwa gleich wie vor zwei Jahrzehnten, nämlich weitgehend homo
gen. In der warmen Jahreszeit dagegen ergibt die Berechnung für Oberflächen
schicht und Schicht in 2 m Tiefe den etwa doppelten Wert wie früher. Wichti
erscheint uns hierbei die erhöhte Zahl epilimnischer Cladoceren einerseits, un
andrerseits die Zunahme des Phytoplanktons. Durch beide Faktoren tritt ein
grössere Trübung des Oberflächenwassers ein, was wiederum die Flucht licht
scheuer Plankter aus den lichtnahen Wasserschichten vermindert.

Tabelle 7.

*Vergleich der Planktondichte in verschiedenen Tiefen. Total-Prozentwerte von Tabelle 6.*

| Tiefe | 1969 | | Ausgewählte Monate für 1950 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 m | 6,0 | 68,5 | 2,2 | 46,3 |
| 2 m | 18,7 | | 9,7 | |
| 4 m | 17,0 | | 18,3 | |
| 6 m | 26,8 | | 16,1 | |
| 10 m | 7,6 | 18,1 | 19,0 | 28,6 |
| 15 m | 5,4 | | 10,2 | |
| 20 m | 5,1 | | 9,4 | |
| 30 m | 3,3 | 13,7 | 4,1 | 15,1 |
| 40 m | 3,0 | | 3,7 | |
| 60 m | 2,6 | | 3,6 | |
| 80 m | 4,8 | | 3,7 | |

Betrachtet man Epi- und Metalimnion zusammen, so ergibt sich, dass der
Plankton-Anteil um rund 11% zugenommen hat in den letzten 20 Jahren:
1969 = 86,5% und 1950 = 74,9%.

Auch für die Tiefenwasser, nahe dem Seeboden in 80 m Tiefe, werden meist
höhere Zahlen für Plankter gefunden als in den Wasserschichten bei 40 m und
60 m Tiefe. Dies war früher auch schon der Fall, der Prozentsatz hat sich jedoch
vergrössert. Oft bestehen diese Populationen hauptsächlich aus jungen Individuen
der selben Art (*Mesocyclops*, *Bosmina* im Juli 1969; dann Nauplien in Mai, Juni,
Juli 1969) und zuweilen vorwiegend aus adulten Cyclopiden der *Cyclops-strenuus*-
Gruppe, und zwar aus Tieren, die sich in Reproduktion befinden.

## 5. Die zeitliche Verteilung des Krebsplanktons (Abb. 4, 5, 6, Tab. 8)

*Die quantitative Verteilung des Gesamtplanktons.* (Abb. 4)

Werden die jetzigen mit früheren Aufzeichnungen verglichen, so ist ein Tiefstand für den Monat März deutlich, und zwar sowohl für 1969/70 wie für

Tabelle 8.

*Für den Vergleich der Arten ausgesuchte Daten von 1969 und 1950.*
*(M = Mittelwert pro 4 l Wasserprobe)*

| Datum | Diapt. | Cycl. | Naup. | Daph. | Diaph. | Bosm. | Lept. | Aspl. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14.I 69 | 254 | 112 | 517 | 20 | 0 | 8 | 0 | 8 | 919 |
| 20.II 69 | 378 | 150 | 531 | 12 | 1 | 3 | 0 | 17 | 1 092 |
| 26.III 69 | 303 | 258 | 232 | 18 | 0 | 1 | 0 | 55 | 867 |
| 16.IV 69 | 318 | 249 | 250 | 20 | 0 | 7 | 0 | 370 | 1 214 |
| 21.V 69 | 285 | 507 | 200 | 98 | 0 | 224 | 0 | 348 | 1 662 |
| 18.VI 69 | 319 | 887 | 258 | 857 | 0 | 3 620 | 0 | 9 | 5 950 |
| 24.VII 69 | 482 | 120 | 468 | 1 244 | 27 | 195 | 3 | 228 | 2 767 |
| 21.X 69 | 142 | 466 | 104 | 386 | 226 | 65 | 2 | 219 | 1 610 |
| Jan.-Okt. | 2 481 | 2 749 | 2 560 | 2 655 | 254 | 4 123 | 5 | 1 254 | 16 081 |
| M/4 l | 28 | 31 | 29 | 30 | 3 | 47 | 0 | 14 | 182 |

Diapt. + Cycl.: 59; Daph. bis Lept.: 80; Diapt. + Cycl. + Naup.: 88

| Datum | Diapt. | Cycl. | Naup. | Daph. | Diaph. | Bosm. | Lept. | Aspl. | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29.I 50 | 185 | 232 | 475 | 40 | 0 | 20 | 0 | 107 | 1 059 |
| 23.II 50 | 241 | 220 | 583 | 68 | 0 | 47 | 0 | 55 | 1 214 |
| 11.III 50 | 107 | 190 | 226 | 15 | 0 | 21 | 0 | 8 | 567 |
| 7.IV 50 | 214 | 270 | 276 | 43 | 0 | 140 | 0 | 84 | 1 027 |
| 12.V 50 | 49 | 115 | 14 | 58 | 0 | 174 | 0 | 17 | 427 |
| 2.VI 50 | 172 | 206 | 304 | 236 | 0 | 371 | 0 | 163 | 1 452 |
| 12.VII 50 | 223 | 526 | 120 | 194 | 4 | 23 | 4 | 15 | 1 109 |
| 6.X 50 | 281 | 398 | 88 | 75 | 216 | 1 | 4 | 15 | 1 078 |
| Jan.-Okt. | 1 472 | 2 157 | 2 086 | 729 | 220 | 797 | 8 | 464 | 7 933 |
| M/4 l | 17 | 25 | 24 | 8 | 2 | 9 | 0 | 5 | 90 |

Diapt. + Cycl.: 42; Daph. bis Lept.: 19; Diapt. + Cycl. + Naup.: 66

1950/51. Während anschliessend die Kurve für 1950 zwischen den Zahlen 500 und 1500 verläuft, steigt diejenige für 1969 im Mai steil an und bildet im Juni eine Spitze mit nahezu 6000 Planktern. In früheren Jahren konnte eine derart grosse Besiedlungsdichte nie registriert werden. Gegenwärtig bleibt auch eine relativ grosse Dichte bis in den Winter hinein erhalten; ungefähr 1500 Plankter

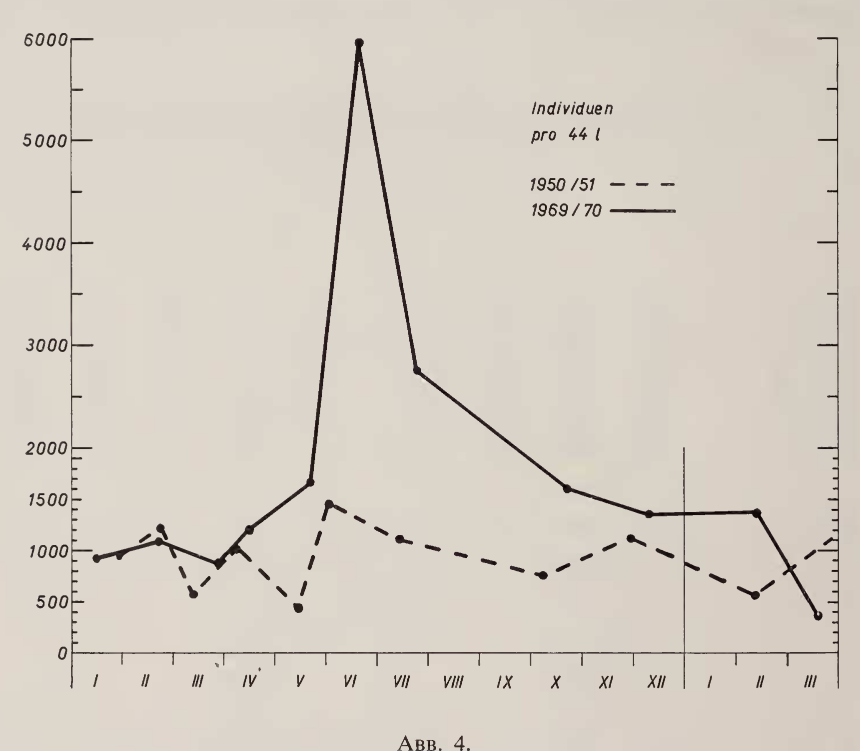



Abb. 4.
Zeitliche Verteilung des Gesamtplanktons.

und früher etwa um 1000. Leider fehlen Proben für August und September, sodass ein Ansteigen der Zahl durch Zunahme von *Diaphanosoma* nur vermutet werden kann.

*Die quantitative Verteilung der verschiedenen Arten.* (Abb. 5, 6)

Gegenüber früher zeigen die Copepoden einen leicht veränderten Kurvenverlauf, indem die Spitzen für Maxima ausgeprägter sind. Berechnet man die Mittelwerte für Copepoden, so ergibt sich für 4 l Wasserprobe: 1969 = 88 und 1950 = 66 Individuen (Tab. 8).

Beträchtliche Abweichungen zu den früheren Aufzeichnungen ergeben sich für die Cladoceren *Daphnia* und *Bosmina*. Im Winter ist die Zahl kleiner als

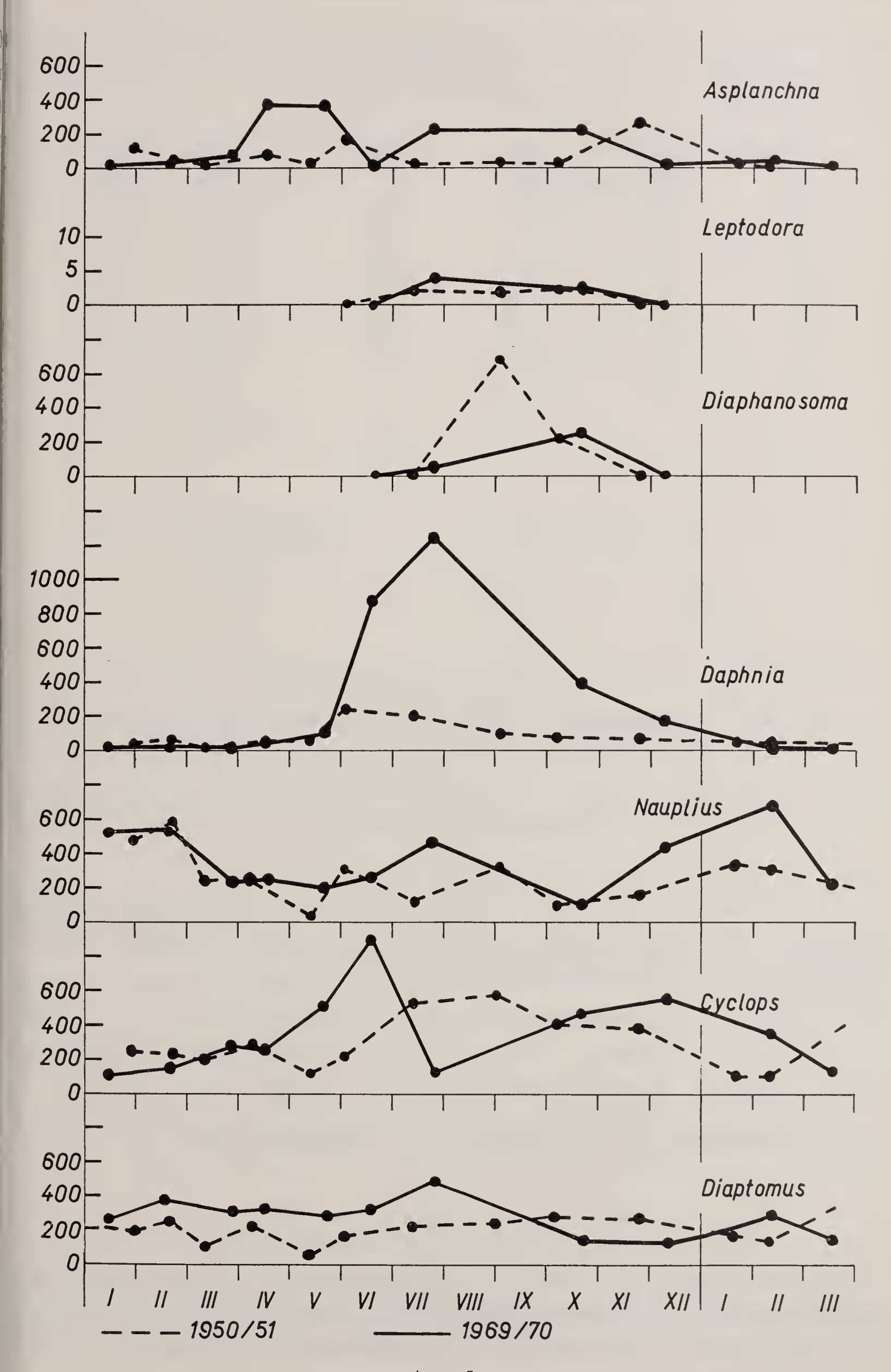



ABB. 5.
Zeitliche Verteilung der Arten.

vor 20 Jahren, im Sommer jedoch viel grösser. Aussergewöhnlich hohe Spitzenwerte beeinflussen ausserdem den Jahresprozentsatz (Tab. 3). An Individuen finden sich in je 44 l Wasserprobe:

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Daphnia:* | Juli 1969 = 1244 | *Bosmina:* | Juni 1969 = 3620 |
| | Juli 1950 = 114 | | Juni 1950 = 370 |

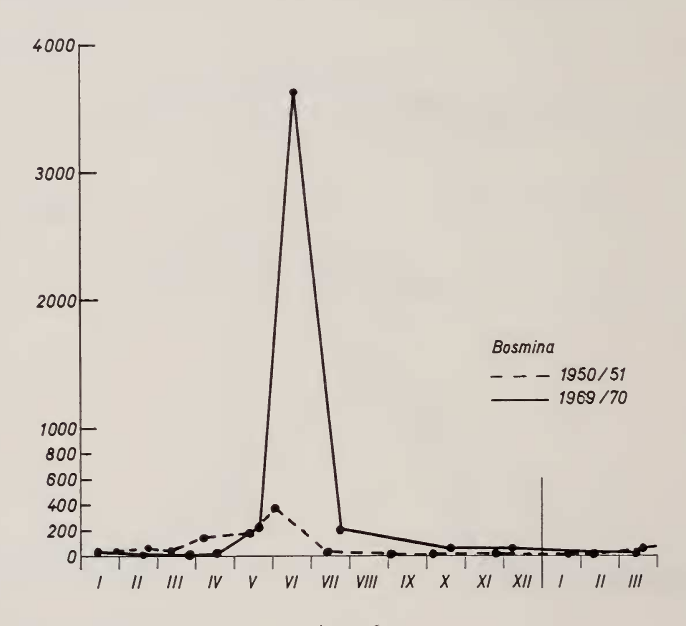



ABB. 6.
Zeitliche Verteilung der Arten.

Die Mittelwerte sind in der zur Diskussion stehenden Zeit ganz erheblich angestiegen. Bei *Daphnia* auf den dreieinhalbfachen und bei *Bosmina* auf den fünffachen Wert! Mittelwerte für 4 l Wasserprobe:

| | | |
|---|---|---|
| Cladoceren: | 1969 = 80 | 1950 = 19 |
| *Daphnia* | 1969 = 30 | 1950 = 8 |
| *Bosmina* | 1969 = 47 | 1950 = 9 |

Für *Asplanchna* ist der Mittelwert mehr als doppelt so gross.

## 6. DICHTE DES KREBSPLANKTONS (Tab. 9)

In neuerer Zeit ist die Dichte offensichtlich grösseren Schwankungen unterworfen als in der Zeit vor zwei Jahrzehnten. Entsprach die Zunahme im Frühling 1950, von März bis Juni, etwa einer Verdreifachung der Plankterzahl, so wird

TABELLE 9.

*Mittelwert pro 4 Liter Wasser.*

| Datum | Jahr | Wert | Datum | Jahr | Wert |
|---|---|---|---|---|---|
| 29.Januar | 1950 | 1 059 | 14.Januar | 1969 | 927 |
| 29.Januar | 1950 | 818 | 14.Januar | 1969 | 912 |
| 23.Februar | 1950 | 1 214 | 20.Februar | 1969 | 1 092 |
| 11.März | 1950 | 567 | 26.März | 1969 | 867 |
| 7.April | 1950 | 1 027 | 16.April | 1969 | 1 214 |
| 12.Mai | 1950 | 427 | 21.Mai | 1969 | 1 662 |
| 2.Juni | 1950 | 1 452 | 18.Juni | 1969 | 5 950 |
| 12.Juli | 1950 | 1 109 | 24.Juli | 1969 | 2 767 |
| 7.Oktober | 1950 | 744 | 21.Oktober | 1969 | 1 610 |
| 29.November | 1950 | 1 117 | 8.Dezember | 1969 | 1 364 |
| 11.Februar | 1951 | 560 | 12.Februar | 1970 | 1 386 |
| Durchschnitt vom | | | 17.März | 1970 | 493 |
| 13.März | 1949 und | | | | |
| 27.März | 1952 | 569 | | | |
| | | 10 663 | | | 20 244 |

10 663 : 132 = 80,7
Mittelwert von 4 Liter Wasser
= 80,7
1950

20 244 : 132 = 153,3
Mittelwert von 4 Liter Wasser
= 153,3
1969

Das Material zur Berechnung des Mittelwertes stammt aus Proben vom Monat Januar des ersten Jahres bis zum Monat März des folgenden Jahres.

Zum Vergleich wurde das Jahr 1950 gewählt, weil zu ähnlichen Zeitpunkten dem See entnommene Proben vorhanden sind. Da Proben vom März 1951 fehlen, wurden sie durch Durchschnittswerte vom März 1949 und 1952 ersetzt.

Die Zahlen der verschiedenen Fänge von 1950 sind nicht extrem, sondern stimmen mit den parallelen Serien der Jahre 1949, 1951 und 1952. überein. Deshalb kann der Mittelwert dieses Jahres gut isoliert mit demjenigen des Jahres 1969 bis anfangs 1970 verglichen werden.

sie jetzt in der gleichen Jahreszeit rund siebenfach vergrössert; für 1969 von 860 auf 6000 Plankter.

Eine weitere Veränderung lässt sich aus der Berechnung der Mittelwerte pro 4 l Wasserprobe ablesen. In der Tabelle (Tab. 9) wurde die grösstmögliche Zahl von vergleichbaren Fängen eingetragen. Auch hier ist die Zahl für 1969 fast doppelt so gross wie für 1950.

Der statistische Vergleich der beiden Jahreskurven aus Abbildung 4 nach Wilcoxon-Test für Paar-Differenzen ergibt eine Signifikanz bei $2 \alpha < 0{,}01$.

Die Auszählungsprotokolle stehen Interessenten jederzeit zur Verfügung.

## DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG

In neuerer Zeit eingebrachte Planktonproben werden mit solchen aus den Jahren um 1950 verglichen. Es zeigen sich folgende Unterschiede:

1. Die Kurve für die Sichttiefe verläuft 1969/70 flacher als früher; vom Vorfrühling bis in den Herbst ist die Sichttiefe gering.
2. Die Copepoden nehmen bei prozentualer Berechnung einen kleineren Raum als früher ein, obwohl die Zahl für Mittelwerte um ein Drittel grösser geworden ist.
3. Bei Cyclopiden hat sich die Zahl zugunsten von *Cyclops strenuus* verschoben. Der Mittelwert für *Mesocyclops leuckarti* ist praktisch unverändert.
4. Die früher und auch in dieser Arbeit unter *Cyclops strenuus* aufgeführten Copepoden konnten als zu zwei Arten gehörend bestimmt werden: *Cyclops abyssorum praealpinus* und *Cyclops vicinus vicinus*. Letzerer ist für die Zunahme von *Cyclops strenuus* verantwortlich.
5. Aus Schliessnetzproben konnte *Cyclops vicinus* von 1964 an regelmässig nachgewiesen werden. Zwischen 1949 und 1962 war er in keiner Probe enthalten.
6. In den Oberflächenschichten findet zur warmen Jahreszeit eine explosionsartige Vermehrung der Cladoceren *Daphnia* und *Bosmina* statt.
7. Der Mittelwert pro 4 l Wasserprobe hat sich in zwei Jahrzehnten auf das Doppelte erhöht. Die Verdoppelung gilt in gleicher Weise für das Krebsplankton wie für den Rotator *Asplanchna*.

Die Ergebnisse weisen auf eine bemerkenswerte Beschleunigung der Eutrophierungsprozesse im Sempachersee hin. Wie bei vielen in hochzivilisierten Ländern gelegenen Seen, die während der vergangenen Jahrzehnte überdüngt wurden, kam es auch hier zu einer gewaltsamen Eutrophierung. Die Veränderungen zeigen sich durch Zunahme von Phytoplankton in Frühling und Herbst, wie Messungen der Sichttiefe belegen, dann in Bevölkerungsexplosionen der Cladoceren in den Oberflächenschichten des Sees zur warmen Jahreszeit, im Auftreten von *Cyclops vicinus* und in einer Zunahme der Gesamtdichte des Krebsplanktons auf rund den doppelten Wert. Die Inbetriebnahme der Kläranlage Sempach sollte dazu beitragen, die Überdüngung, die in wenigen Jahren zu einer Vergiftung des Seewassers führen kann, mindestens abzubremsen.

## Résumé

Les résultats indiquent une accélération considérable des processus d'eutrophisation du lac de Sempach. Comme c'est le cas pour de nombreux lacs des pays très civilisés, qui ont été surenrichis au cours des dernières décennies, le lac de Sempach a subi lui aussi une eutrophie forcée.

Les modifications se manifestent par une augmentation du phytoplancton au printemps et en automne, comme l'ont prouvé des mensurations de la profondeur de visibilité, par des explosions démographiques des Cladocères dans la couche superficielle du lac durant la saison chaude, par l'apparition de *Cyclops vicinus* et par une augmentation de la densité générale du plancton de Crustacés de l'ordre du simple au double. La mise en service de la station d'épuration de Sempach devrait contribuer à freiner le surenrichissement en engrais, qui pourrait aboutir en quelques années à une intoxication de l'eau du lac.

## LITERATUR

Du Bois, A. M. und R. Geigy. 1935. *Beiträge zur Oekologie, Fortpflanzungsbiologie und Metamorphose von Sialis lutaria L.* Rev. suisse Zool. 42, 6. pp. 169-248.

Dussart, Bernhard. 1969. *Les Copépodes des eaux continentales.* Tomes I et II. Edition: N. Boubée & Cie, Paris. pp. 1-500 & 1-292.

Geigy, R. und D. Grobe. 1950. *Verteilung des Zooplanktons im Sempachersee zu verschiedenen Jahreszeiten (1948-1950).* Rev. suisse Zool. 57, 19. pp. 533-542.

Grobe, D. 1958. *Mehrjährige Untersuchungen am Zooplankton des Sempachersees.* Rev. suisse Zool. 65, 1. pp. 1-93.

Herbst, Hans Volkmar. 1962. *Blattfusskrebse (Phyllopoden).* Kosmos-Verlag, Stuttgart. pp. 1-130.

Heuscher, J. 1895. *Der Sempachersee und seine Fischereiverhältnisse.* Schweizerische Fischerei-Zeitung 3, pp. 1-51.

Kiefer, Friedrich. 1960. *Ruderfusskrebse (Copepoden).* Kosmos-Verlag, Stuttgart. pp. 1-97.

Kylow, W. H. 1935. *Das Zooplankton der Binnengewässer.* Schweizerbart, Stuttgart. pp. 1-272.

Theiler, A. 1917. *Beiträge zur Planktonkunde des Sempachersees und des Baldeggersees.* Mitt. Naturforsch. Ges., Luzern, 7, pp. 311-357.

Ule, W. 1892. *Die Bestimmung der Wasserfarbe in den Seen.* Petermanns Mitteilungen 28.